

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 08-237807

(43) Date of publication of application : 13.09.1996

(51) Int.CI.

B60L 7/24  
H02P 3/26

(21) Application number : 07-039935

(71) Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22) Date of filing : 28.02.1995

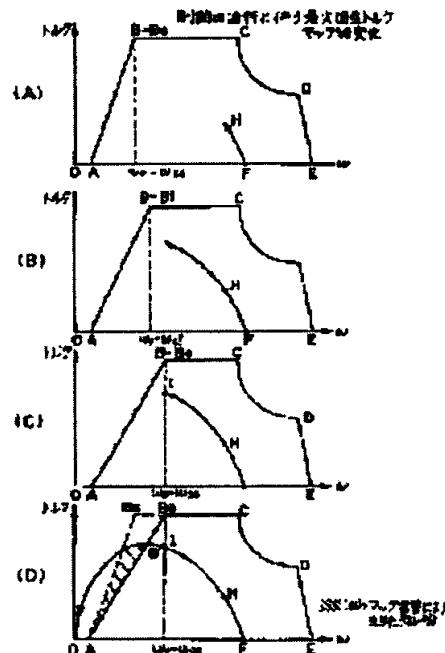
(72) Inventor : EIMIYA KIYOMI

## (54) BRAKING CONTROL APPARATUS FOR ELECTRIC VEHICLE

### (57) Abstract:

**PURPOSE:** To provide a braking control apparatus by which the loss, of regenerative electric power, generated when the number of revolutions of a motor used to start a delay control operation is made constant is prevented or reduced and which prevents the overcharge of a battery more surely.

**CONSTITUTION:** When a brake pedal is stepped on, a required braking force is changed from a point F to a point H and further to a point I. Then, a point B out of points A, B, C, D, E for a maximum regenerative torque characteristic which is given as a map is changed. At this time, the point B is rewritten in such a way that the SOC of a battery is higher, the number of revolutions  $\omega_0$  becomes higher. At a point of time when the number of revolutions  $\omega$  of a motor becomes equal to the number of revolutions  $\omega_0$ , the rewriting operation of a maximum regenerative torque map is stopped, and a braking operation is executed by the same map after that. Since the number of revolutions  $\omega_0$  is changed according to the SOC, the loss of regenerative electric power can be reduced even when a delay control operation is executed, and the overcharge of the battery can be prevented surely.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-237807

(43)公開日 平成8年(1996)9月13日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

B 6 0 L 7/24  
H 0 2 P 3/26

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

B 6 0 L 7/24  
H 0 2 P 3/26

D  
Z

審査請求 未請求 請求項の数1 O.L. (全7頁)

(21)出願番号 特願平7-39935

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(22)出願日 平成7年(1995)2月28日

(72)発明者 永宮 清美

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

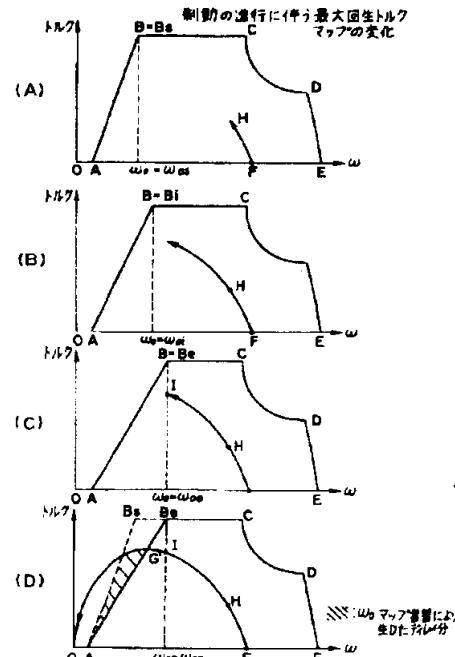
(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 電気車両用制動制御装置

(57)【要約】

【目的】 ディレイ制御を開始するモータ回転数 $\omega_0$ を一定にしていたため生じていた回生電力の損失を防止乃至低減するとともに、電池の過充電をより確実に防止可能にする。

【構成】 ブレーキペダルの踏み込みに伴い要求制動力が点FからHへ、さらに点Iへと変化するのに従い、マップとして与えられている最大回生トルク特性A B C D E中の点Bを変化させる。その際には、電池のS.O.Cが高ければ高いほど回転数 $\omega$ が高くなるよう、点Bの書替えを行う。モータ回転数 $\omega$ が回転数 $\omega_0$ に等しくなった時点で最大回生トルクマップの書替えを中止し、その後は同一のマップにて制動を実行する。S.O.Cに応じて回転数 $\omega$ を変更しているため、ディレイ制御を実行しているにもかかわらず回生電力の損失を少なくすることができますまた過充電を確実に防止できる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】車両走行用のモータ、モータに駆動電力を供給する一方でモータからの回生電力により充電される電池、及び少なくとも駆動輪に流体圧制動力を作用させる流体圧制動系統を備える電気車両に搭載され、モータを制御することにより回生制動力を制御する制動制御装置において、

電池の回生電力受入性及びモータの回転数を検出する手段と、

回転数の低下に伴い回生制動力が低減され流体圧制動力が導入される制御特性に従い、かつモータの回転数に基づき、最大回生制動力を求める手段と、

要求制動力を目標としつつ最大回生制動力を限度として回生制動力を制御する一方で、要求制動力に対する回生制動力の不足分を目標として流体圧制動力を制御する手段と、

回転数の低下に伴い流体圧制動力が導入され始めるモータの回転数が、回生電力受入性が低いほど高い回転数となるよう、電池の回生電力受入性に応じ上記制御特性を変化させる手段と、

を有することを特徴とする制動制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電気自動車等の電気車両に搭載されその回生制動力及び流体圧制動力を制御する電気車両用制動制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電気自動車は、その制動手段として油圧制動（一般には非圧縮性流体による流体圧制動）及び回生制動を併用可能な電気車両の一種である。これらの制動手段のうち、回生制動は、制動エネルギーの少なくとも一部を車載の電池等に回生することができ従って電力効率がよいという利点を有している。従って、油圧制動に対し回生制動を優先的に使用することにより、車両の電力効率を改善し、電池1充電当たり走行可能距離を延長することができる。なお、油圧制動力に比べ回生制動力を優先的に作用させる技術としては、例えば特開平6-153313号公報に開示されているものがある。この公報においては、要求制動力（ブレーキペダルの踏込量）に対する回生制動力の不足分が、油圧制動力の導入によって補われている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このように回生制動力及び油圧制動力を併用し、要求制動力に対する回生制動力の不足分を油圧制動力によって補うシステム構成によれば、油圧制動力に対して回生制動力を優先して使用することができるため、車両の電力効率を改善することができる。しかし、この種のシステムにおいて回生制動力の不足に伴い油圧制動力を導入する際には、当該油圧制動力を急速に導入するといわゆるペダルの入り込みが生

2

じ、ブレーキペダルフィーリングの悪化が生じてしまう。このようなペダルフィーリングの悪化を防止乃至緩和するためには、油圧制動力を導入する際に当該油圧制動力の急速な上昇を避けるようにすればよい。すなわち、油圧制動力が本来導入されるはずの時点よりも早い時点で、油圧制動力を徐々に導入し始めるようにすればよい。一方で、回生・油圧合計の制動力が要求制動力に合致する必要があるから、同時に、回生制動力を本来よりも早めに低減させる。このような制御、すなわち回生制動力及び油圧制動力のディレイ制御を実行することにより、回生・油圧合計で要求制動力を実現しながら、かつ回生を油圧に優先して使用しながら、上述のようなペダルフィーリングの悪化を緩和乃至防止することができる。

【0004】しかしながら、このようなディレイ制御を実行するのみでは、また新たな問題が発生する。すなわち、上述のようなディレイ制御を実行する際には、油圧制動力を徐々に導入するのに代えて回生制動力を本来よりも早めに低減させ、これにより要求制動力を正確に実現するようしている。このように回生制動力を本来よりも早めに低減するようにすると、その分の制動エネルギーを電池に回生電力として回収することはできなくなる。従って、電池の回生電力受入性がよい状態であるにもかかわらず、すなわち電池の充電状態（SOC）が低い状態であっても回生電力に損失が発生してしまう。

【0005】本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、ディレイ制御に係る手順を改善することにより、回生電力の損失を防止乃至低減可能にする一方で、電池の過充電を防ぐために実行されていた電池電圧の上限制限に伴う問題点を解消可能にすることを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明は、車両走行用のモータ、モータに駆動電力を供給する一方でモータからの回生電力により充電される電池、及び少なくとも駆動輪に流体圧制動力を作用させる流体圧制動系統を備える電気車両に搭載され、モータを制御することにより回生制動力を制御する制動制御装置において、電池の回生電力受入性及びモータの回転数を検出する手段と、回転数の低下に伴い回生制動力が低減され流体圧制動力が導入される制御特性に従い、かつモータの回転数に基づき、最大回生制動力を求める手段と、要求制動力を目標としつつ最大回生制動力を限度として回生制動力を制御する一方で、要求制動力に対する回生制動力の不足分を目標として流体圧制動力を制御する手段と、回転数の低下に伴い流体圧制動力が導入され始めるモータの回転数が、回生電力受入性が低いほど高い回転数となるよう、電池の回生電力受入性に応じ上記制御特性を変化させる手段と、を有することを特徴とする。

## 【0007】

【作用】本発明においては、まず、電池の回生電力受入性及びモータの回転数が検出される。モータの回転数が検出されると、このモータの回転数に基づき最大回生制動力が決定される。この最大回生制動力は、回転数の低下に伴い回生制動力が低減され流体圧制動力が導入される制御特性に従い与えられる。さらに、回生制動力は、車両操縦者によるブレーキペダルの踏込量等の形で与えられる要求制動力を目標として制御される。その際、回生制動力の上限は、上述のようにして求めた最大回生制動力によって制限される。その結果生じた不足分、すなわち要求制動力に対する回生制動力の不足分は、流体圧制動力の導入によって補われる。

【0008】ここに、本発明においては、ディレイ制御を開始させる回転数が、回生電力受入性が低いほど高い回転数となるよう、上述の制御特性の変更処理によって変更される。すなわち、制動の進行に伴いモータの回転数が低下していくと、当該回転数の低下に伴い回生制動力が低減されかつ流体圧制動力が導入されるため、ある時点で、回生制動力の不足分に代え流体圧制動力が導入され始める（ディレイ制御の開始）。ディレイ制御が開始されるモータの回転数は、本発明においては、回生電力受入性が低いほど高い回転数となるよう変更設定されるから、電池の回生電力受入性が低く從って充電に伴い過電圧が生じやすい状態で電池が充電され続ける状況が発生しにくくなり、システムの信頼性が高まる。また、回生電力受入性が高い場合にはディレイ制御が開始されるモータの回転数がより低い回転数となるから、ディレイ制御に伴う回生電力の損失、より厳密にはディレイ制御を開始する回転数を固定していることに伴う回生電力の損失が解消されることになり、より電力効率のよいシステムが得られる。

## 【0009】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について図面に基づき説明する。

【0010】図1には、本発明の一実施例に係る電気自動車のシステム構成が示されている。この図に示される電気自動車は前輪駆動車であり、モータ10は前輪の車軸上に設けられている。モータ10の駆動電力は、インバータ12を介し電池14から供給されている。インバータ12は、EVECU16の制御の下、電池14から供給される直流電力を交流電力に変換してモータ10に供給する。EVECU16は、モータ10を行なわせる際には、外部から与えられるアクセルペダルの踏込量等の情報や、モータ10に付設された回転センサ17によって得られるモータ回転数に基づき、トルク指令を決定し、このトルク指令に基づきインバータ12の電力変換動作を制御する。その結果、モータ10の出力トルクは、アクセルペダルの踏込量等に応じた値となる。

## 【0011】この図に示される電気自動車は、制動手段

として、油圧制動及び回生制動を共に備えている。まず、油圧制動系としては、ブレーキペダル18の踏込量に応じた油圧をその内部で発生させるマスターシリンダ20、油圧制動力をそれぞれ前輪又は後輪に作用させるホイルシリンダ22及び24並びにマスターシリンダ20からホイルシリンダ22及び24への油圧伝達を制御する油圧制御バルブ26及び28から構成されている。油圧制御バルブ26及び28は、回生ECU30によって制御されるバルブである。回生ECU30は、油圧センサ32及び34によって検出されるマスターシリンダ20側及びホイルシリンダ22側の油圧に基づき、かつ所定の制御特性に従い、油圧制御バルブ26及び28を制御する。この制御は、前後輪間の制動力配分が目標配分となるよう、また駆動輪たる前輪に係る制動力が回生制動力優先の配分となるよう、行われる。そのため、回生ECU30は、EVECU16との間で情報を授受し合う。更に、回生ECU30は、電池ECU36によって検出される電池14のSOCを入力している。

【0012】なお、この図では、前輪にはディスクブレーキが、後輪にはドラムブレーキが、それぞれ使用されているが、本発明は前後輪のブレーキの形式には左右されるものではなく、また前輪駆動車に限定されるものではない。

【0013】図2には、この実施例において回生ECU30により実行される回生制動制御の手順が示されている。

【0014】この図に示されるように、回生ECU30は、まず、油圧センサ32によって検出されるマスターシリンダ20での油圧（マスターシリンダ圧）に基づき、前後輪間の制動力配分を決定するとともに前輪に対する要求制動力 $T_{t-t1}$ を決定する（100）。マスターシリンダ圧は、ブレーキペダル18の踏込量に応じて上昇するから、マスターシリンダ圧を検出することにより要求制動力 $T_{t-t1}$ を決定することができる。さらに、回生ECU30は、電池ECU36から電池14のSOCを、また回転センサ17からEVECU16を介しモータ10の回転数 $\omega$ を、それぞれ入力する（102）。

【0015】ステップ102にて入力した量のうち回転数 $\omega$ は、最大回生トルク $T_{max}$ を使用するために使用することができる（104）。すなわち、モータ10の制御特性は、例えば図3においてABCDEで与えられる最大回生トルクマップ200によって与えられており、回転数 $\omega$ にてこのマップ200を参照することにより当該回転数 $\omega$ において出力可能な最大の回生トルク $T_{max}$ を知ることができる。回生ECU30は、この最大回生トルク $T_{max}$ を要求制動力 $T_{t-t1}$ と比較し、いずれか小さい方を回生トルク指令値 $T_{brk}$ に設定する一方で、要求制動力から回生トルク指令値 $T_{hyd}$ を減じた値を油圧制動力指令値 $T_{hyd}$ に設定する（106）。回生ECU30は、このようにして決定した回生

トルク指令値  $T_{brk}$  を E VECU 16 に供給する。これにより、モータ 10 の回生トルクは、この回生トルク指令値  $T_{brk}$  を目標として制御される (108)。また、回生 ECU 30 は、ステップ 106 にて決定した油圧制動力指令値  $T_{hyd}$  に応じて油圧制御バルブ 26 を制御することにより、要求制動力  $T_{tire}$  に対する回生トルク指令値  $T_{brk}$  の不足分をホイルシリンダ 22 にて油圧制動力として実現させる (110)。回生 ECU 30 は、その際、併せて油圧制御バルブ 28 にも制御信号を供給し、必要な前後輪間制動力配分が実現されるよう、ホイルシリンダ 24 により後輪に制動力を作用させる。

【0016】この実施例において第 1 に特徴とするところは、図 3 に示されるようなディレイ制御を実行している点である。まず、ディレイ制御を行わない場合には、図 3 中 A B C D E で示される最大回生トルクマップに従い最大回生トルク  $T_{max}$  が決定される制動の進行に伴い回転数  $\omega$  が低下していくと、直線 A B 間が急な勾配であるため、点 G 以降で油圧制動力が急速に導入される。その結果、ブレーキペダル 18 の入り込みが発生しペダルフィーリングが悪化する。これを防ぐため、本実施例においては、回生制動を実行する際マップ 200 を書き替え点 B を例えば点 B' に移動させることにより、点 G を点 G' に移動させている。このようなマップ 200 の書き替えにより、油圧の急速な導入が回避される結果、ブレーキペダル 18 の入り込みが少なくなる。

【0017】ただし、このような制御を行うのみでは、回生電力の損失が発生する。すなわち、点 B を点 B' に変更した結果、AGG 分の制動エネルギーを電池 14 に回生できなくなる。そこで、本実施例においては、点 B' が回転数  $\omega$  に応じて異なる点になるよう、最大回生トルクマップ 200 の書き替えを行うようにしている。

【0018】そのため、図 2 においては、ステップ 102 実行後、SOC によって  $\omega$  マップ 300 が参照されている (112)。ここに、 $\omega$  マップは、図 3 中の点 B' に係るモード回転数  $\omega$  を、電池 14 の SOC と対応づけるマップであり、例えば図 4 (A) に示されるような内容を有している。この図においては、電池 14 の SOC が 80% 以下の領域、すなわち電池 14 の回生電力受入性が良好な領域では、回転数  $\omega$  は一定の低い値に設定されている。これに対し、SOC が 80% を上回る領域、すなわち電池 11 の回生電力受入性が低い領域では、SOC の増加に応じて回転数  $\omega$  が直線的に増加している。ただし、本発明はこのようないマップ 300 に限定されるものではなく、例えば図 4 (B) に示されるように SOC が 80% 以上の領域で回転数  $\omega$  が曲線的に上昇するようなマップを使用しても構わないし、また図 4 (C) に示されるようにステップ的に上昇するマップを使用しても構わない。加えて、回転数  $\omega$  が一定となるか否かの境界である SOC 値は、80% に固定す

る必要はなく、他の値に固定しても構わないし、また温度等に応じてこの境界値を変更するようにしてもよい。さらには、密閉型アルカリ電池のように回生電力受入性が内圧に依存する電池を電池 14 として用いる場合には、SOC に代えその内圧を使用するようにしてもよい。

【0019】回生 ECU 30 は、さらに、ステップ 102 において入力した回転数  $\omega$  を、ステップ 112 において得られた回転数  $\omega_e$  と比較する (114)。その結果、 $\omega < \omega_e$  が成立していない場合には、回生 ECU 30 は、点 B の回転数  $\omega$  がステップ 112 にて得られた値に移動するよう最大回生トルクマップ 200 上の点 B を移動させ (116)、その後ステップ 104 に移行する。 $\omega < \omega_e$  が成立している場合にはステップ 116 を経ることなくステップ 104 へ移行する。

【0020】図 5 には、この実施例における最大回生トルクマップ 200 の変化の概要が示されている。

【0021】まず、制動動作の開始時には電池 14 の SOC が 80% 以下の低い値であったとする。回生優先の制動力制御を実行しているため、制動の進行に伴う充電により電池 14 の SOC は上昇していく。しかし、制動を開始した点 F から電池 14 の SOC が 80% に至る点 Hまでの間は、図 5 (A) に示されるように、点 B は移動しない ( $B = B_s$ )。すなわち、回転数  $\omega$  は制動開始時点の値の  $\omega_s$  のままで維持される。

【0022】この後、制動の進行に伴い回転数  $\omega$  が低下していくと、ステップ 112 及び 116 が繰り返し実行される結果、点 B が徐々に高回転側に移動し始める。例えば、図 5 (B) に示されるように、点 B は最初の点 B\_s から見て高回転側に位置する点 B\_i に移動していく。すなわち、最大回生トルクマップ 200 上で回転数  $\omega$  が  $\omega_s$  まで移動する。

【0023】このような動作が繰り返されると、ある時点で、ステップ 114 にて  $\omega < \omega_e$  が成立するに至る。これに応じ、図 5 (C) に示されるように、回転数  $\omega$  は  $\omega_e$  で固定され、点 B は点 B\_e で固定される。回転数  $\omega$  が  $\omega_e$  で固定された点 I からさらに制動が進行し制動が終了するに至るまで (点 O に至るまで) は、最大回生トルクマップ 200 の書き替えは行われない (図 5 (D))。

【0024】従って、図 5 (A) ~ (D) に示される例においては、 $\omega$  マップ 300 の書き替えにより、図中ハッチングで示される分のディレイが発生する。すなわち、油圧制動力の導入を緩やかにするための回生トルクの低減が発生する。このディレイ分は、図 5 (C) の状態での電池 14 の回生電力受入性 (ここで SOC によって与えられる) によって定まる。

【0025】ここに、電池 14 の回生電力受入性が高ければ高いほど図 5 (D) 中の点 G' は低回転側に位置することになるから、回生電力の損失を最低限に抑制する

7  
ことができる。また、その際にも、点B<sub>s</sub>等を適宜設定しておくことにより、ブレーキペダル18の入込みによるブレーキフィーリングの悪化を防止することができる。

【0026】逆に、電池14の回生電力受入性が低い場合には、図5(D)中ハッチングで示されるディレイ分は大きくなる。これにより、電圧センサ等を使用することなく電池14の過充電を防止することができる。すなわち、電池14の電圧が所定値を超えてから回生に制限を施すのではなく、電池14のSOCを監視しながら回転数 $\omega$ を逐次変更していき回生電力受入性(例えばSOC)に応じてディレイ制御を開始するようにしているため、電圧の上昇を持つ必要がない。従って、電池14の過充電を確実に防止することができる。

【0027】なお、以上の説明では、 $\omega \geq \omega_0$ が成立している場合にSOC等のいかんにかかわらず最大回生トルクマップ200の書替えが行われているが、図4(A)～(C)に示されるようにSOCが低い領域で回転数 $\omega_0$ が一定となる $\omega_0$ マップ300を使用している場合には、SOCが低いときにステップ116を省略するようにすることができる。これにより、最大回生トルクマップ200の書替え頻度を抑制することができる。また、電池14の電圧が低い場合には過充電を考慮することなく電池14を回生電力にて充電することができるから、やはり、電池14の電圧が高い場合にのみステップ116を実行するようにしてもよい。加えて、本実施例では、制動の進行に伴い電池14が回生電力にて充電

され、その結果点BがB<sub>s</sub>からB<sub>i</sub>を経てB<sub>e</sub>へと徐々に高回転側に移動している。この移動は比較的低速であるから、ステップ112～116を毎回実行する必要はない、所定時間おきに実行するようにしても構わない。

#### 【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ディレイ制御を開始するモータの回転数を、回生電力受入性が低いほど高い回転数となるよう変更するようにしたため、電池の過充電を好適に防止しながら、回生電力の損失を防止しより電力効率の良好な電気車両を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る電気自動車のシステム構成を示すブロック図である。

【図2】 この実施例において回生ECUにより実行される回生制動制御の手順を示すフローチャートである。

【図3】 ディレイ制御の内容を示す概念図である。

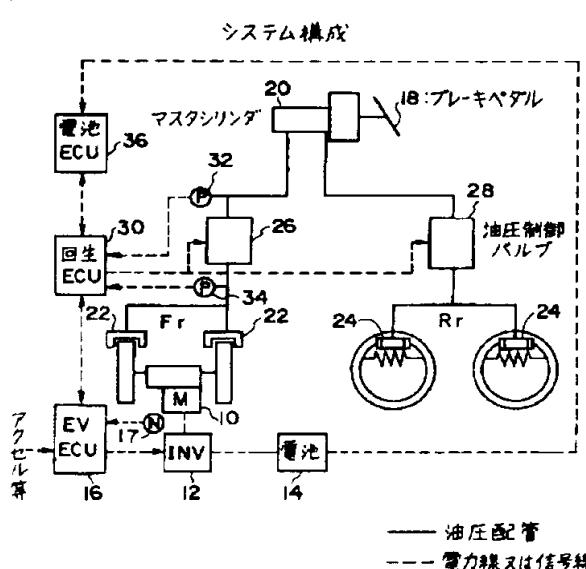
【図4】 この実施例において使用される $\omega_0$ マップの一例を示す図である。

【図5】 制動の進行に伴う最大回生トルクマップの変化の一例を示す図である。

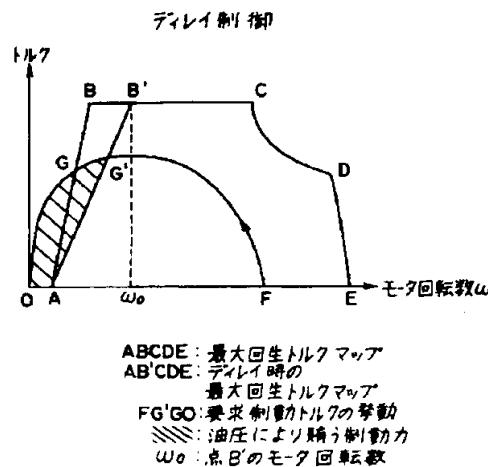
#### 【符号の説明】

10 モータ、12 インバータ、14 電池、16 EVEC、18 ブレーキペダル、20 マスターシリンダ、22, 24 ホイルシリンダ、26, 28 油圧制御バルブ、30 回生ECU、32, 34 油圧センサ、36 電池ECU。

【図1】

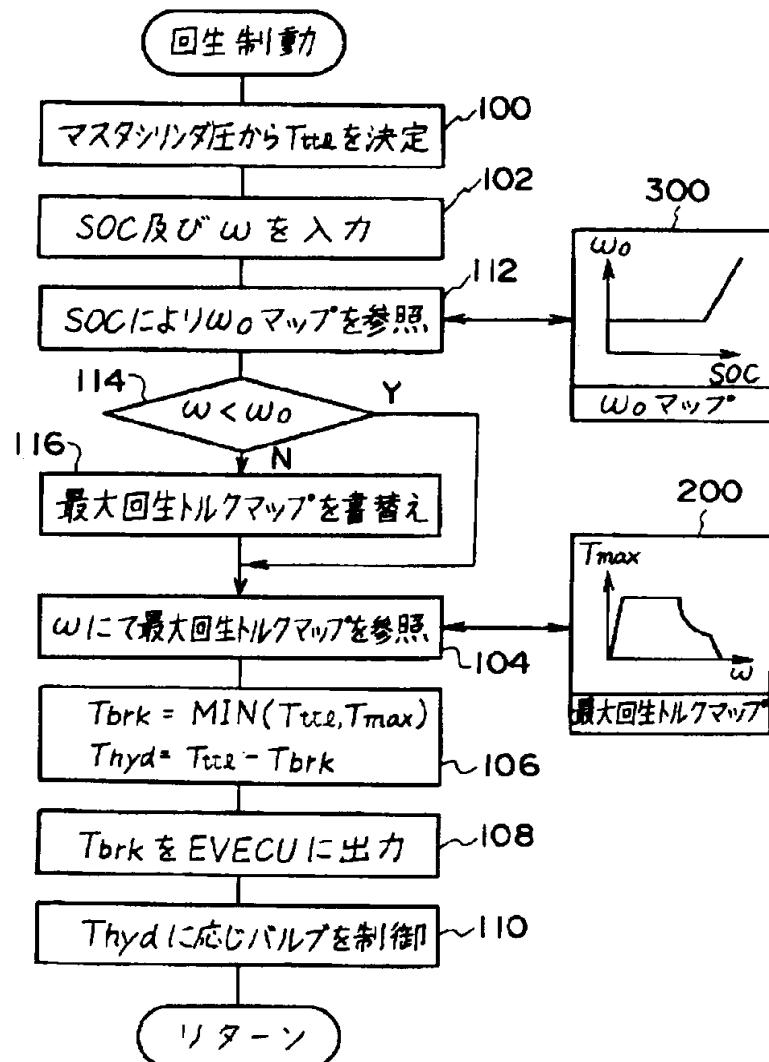


【図3】

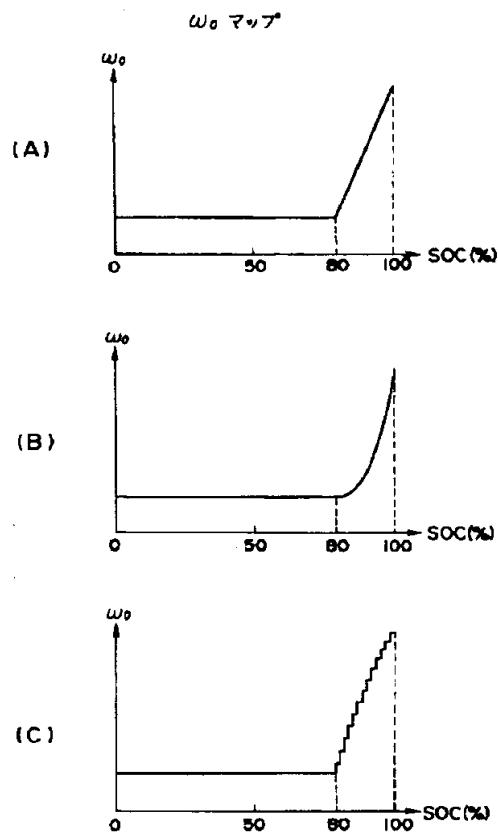


【図2】

## 回生ECUの動作



【図4】



【図5】

